

ÜBER DIE BAKTERIENDICHTE VON DURELON

Dieter Hellmann

1973

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus der Poliklinik für Zahnerhaltungskunde
(Direktor: Prof. Dr. Dr. W. Ketterl)
der Klinik und Poliklinik für Zahn-, Mund-
und Kieferkrankheiten der Johannes
Gutenberg - Universität in Mainz

ÜBER DIE BAKTERIENDICHTE
VON DURELON

Inaugural - Dissertation
zur
Erlangung der Würde eines Doktors der Zahnmedizin
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Johannes Gutenberg - Universität, Mainz

vorgelegt von
Dieter Hellmann

Mainz 1972

Fachbereichsdekan: Professor Dr. Dr. W. Ketterl
Referent: Professor Dr. Dr. W. Ketterl
Korreferent: Professor Dr. K. Fuhr

Tag der mündlichen
Prüfung: 6. Juni 1973

Gesamtherstellung:



DITTERS BÜRODIENST

6501 HEIDESHEIM/RHEIN • AM KAPELLCHEN 1
TELEFON 06132/5711



INHALTSVERZEICHNIS

- I A Einleitung
 B Literatur und Problemstellung
- II A Durelon
 B Das Kariesrezidiv
 Die Testkeime
 C Das Sterilisationsproblem
- III A Versuchsanordnung
 B Versuchsdurchführung
- IV A Versuchsergebnisse
 B Statistische Methodik
- V Dikussion der Ergebnisse
- VI Zusammenfassung
- VII Literaturangabe

I A EINLEITUNG

Das nach der Präparation eines Zahnes in die Kavität eingebrachte Füllungsmaterial soll nicht allein der Restauration mastikatorischer Dysfunktion im Seitenzahnbereich und der physiognomischen Rehabilitierung im Frontzahnbereich dienen, sondern eine reizlose Versorgung der im gesunden Dentin geschaffenen Dentinwunde anstreben. Bei der Betrachtung der Morphologie des Dentins gibt W. KETTERL (9) bei einer Kavitätentiefe im pulpenfernen Bereich und einer -fläche von 10 mm^2 eines Molaren einen Weichgewebsanteil von 3 mm^2 an, was der Summe einer halben Million angeschnittener Dentinkanälchen entspricht. Viele der heute gebräuchlichen Füllungsmaterialien, die als Unterfüllung die Dentinwunde versorgen, sind unschädlich für Pulpa und Parodontium. Durch hohe Abschlußdichtigkeit vermögen sie den direkten Zugang zur Pupa über die angeschnittenen Dentinkanälchen zu verschließen. Volumenkonstanz, Haftintensivität, Randständigkeit und mechanische Widerstandsfähigkeit gegen Druck und Zug entscheiden aber nicht allein über den Erfolg eines sicheren Kavitätenverschlusses gegen Angriffe chemischer, physikalischer und bakterieller Art. Ein Kariesrezidiv ist immer dann zu befürchten, wenn die zur Deck- und Unterfüllung verwendeten Materialien selbst eine strukturell bedingte Durchlässigkeit aufweisen, die die Penetration exogener Noxen zuläßt. Als Ursachen für diese materialeigene Durchlässigkeit sind Porositäten, Rissbildungen beim Abbindevorgang, geringe Bakteriostase, Veränderungen der Infrastruktur durch Alterung und durch chemisch bakterielle Zersetzung denkbar. Dazu darf man Qualitätsminderungen rechnen, die sich aus falscher Anmischkonsistenz und -technik, sowie aus unterlassener Oberflächenbearbeitung ergeben. Die materialeigene Undichtigkeit eines Unterfüllungsmaterials kann die erfolg-

reiche Applikation zur Verhinderung einer sekundären Karies in Frage stellen.

J. KOMSKA und V. SATAVA (12) weisen in ihrer Arbeit über die Porosität der Phosphatzemente auf die angesprochene Problematik hin: " Eine der typischen Eigenschaften der abgebundenen Zinkphosphatzemente ist deren Porosität. Es ist offensichtlich, daß die Porosität wie auch die Porengröße manche wichtigen Eigenschaften dieser porösen Stoffe, wie z.B. die mechanische Widerstandsfähigkeit, Durchlässigkeit für Speichel, Farbstoffe und eventuell auch Bakterien beeinflussen." R. NOLDEN und G. PULVERER (17) sprachen sich im Hinblick auf die Lebenserwartung vitaler Pulpen für die konkrete Beantwortung der Frage nach der Bakteriendurchlässigkeit zahnärztlicher Füllungsmaterialien aus: " Diese wichtige Frage ist in den letzten Jahren nicht mehr erörtert worden, obwohl auch in den Lehrbüchern darauf hingewiesen wird, daß diese Werkstoffe nicht unbedingt als bakteriendicht anzusehen sind." Es hat nicht an Versuchen gefehlt, dem Mangel an genügender Materialdichte durch aseptische Zusätze zu begegnen. Dadurch wollte man einerseits die Nachteile einer unsterilen Füllungsapplikation mildern und andererseits eine bakterizide oder zumindest bakteriostatische Wirkung auf vorhandene und penetrierende Keime ausüben. So verspricht W. FINSTER (6), daß die bakteriziden Eigenschaften des Zinkoxiphosphatzementes durch Antibiotika gesteigert werden könnten, ohne jedoch darüber Angaben zu machen, ob ein so appliziertes Antibiotikum über Jahre hinaus Wirksamkeit entfalten und möglicherweise das endodontale Abwehrsystem schwächen kann. In der Praxis scheint der Erfolg einer antibiotischen Beimischung bezweifelt zu werden, denn W. WEIKART (26) empfiehlt: " Jedenfalls wird man gut daran tun, so zu verfahren, als sei eine bakterientötende Wirkung nicht vorhanden." Daher erscheint

es wenig sinnvoll, eingedrungene Bakterien mit keimtötenden oder keimhemmenden Mitteln bekämpfen zu wollen, wenn dieses Ziel mit einer porenfreien, dichten Materialstruktur der Füllungswerkstoffe leichter zu erreichen ist.

I B LITERATUR UND PROBLEMSTELLUNG

Verfolgt man den Gedanken der materialeigenen Durchlässigkeit durch die vorhandene Literatur, so ist man erstaunt über die bei gleicher Problemstellung unterschiedlichen Methoden und Wege, die bei der Durchführung der Versuche gewählt worden sind. Durch eine breite Streuung der zur Auswertung herangezogenen Versuchsergebnisse bleibt ihre wissenschaftliche Ausbeute gering. Trotz der Uneinheitlichkeit der Beurteilungen und Befunde lag allen Arbeiten besonders in Anbetracht einer bis heute unklaren Kariesätiologie die deutliche Forderung zugrunde, porenfreie, bakteriendichte Füllungsmaterialien zu schaffen. Solange die für die Materialqualitäten verbindlichen FDI-Spezifikationen reine technologische Prüfvorschriften für Konsistenz, Erhärtungszeit, Filmdicke und Löslichkeit darstellen, sieht sich der Materialhersteller einer verbindlichen Gütevorschrift, die das Maß einer maximalen Durchlässigkeit für bestimmte Stoff- und Bakterienarten festlegte, enthoben. Entsprechend fehlen standardisierte Prüfmethoden, die bei Gleichheit der Prüfbedingungen vergleichbare Aussagen zur Beurteilung verschiedener Materialien zulassen.

1913 stellte F. PROELL (18) eine vollkommene Undurchlässigkeit der zahnärztlichen Zemente für Bakterien fest. Bakterienundichte zeigten 1920 einige Zemente bei den von A. SEITZ und B. WEIGELE (21) durchgeführten Untersuchungen. J. CSERNYEI (1) bekräftigte 1929 dieses Ergebnis, während B. MEISTER (15) eine Bakterienundurchlässigkeit der zahnärztlichen Zemente aufgrund von Farbstoffdiffusionsversuchen bestätigt sah. Ein unterschiedliches Eindringungsvermögen von Farbstoffmolekülen gegenüber Bakterien in den Zementkörper ermittelte 1939 O. STREICH (25). Er forderte, da er Undurchlässigkeit für

Farbstoffe mir gleichzeitiger Durchlässigkeit für Bakterien nicht beobachtet hatte, daß sich erst nach ermittelter Farbstoffdurchlässigkeit die Überprüfung der Bakteriendichte mit bakteriellen Versuchskeimen anzuschließen habe. An der Exaktheit dieser empirischen Methode zweifelte V. LEMKE-KESSELER (13). Er führte zwei Jahre später ausschließlich Penetrationsversuche mit Bakterien durch. Sie erbrachten Bakteriendurchlässigkeit für alle Zemente, die damals Verwendung fanden. Noch 1971 bezog sich H.-J. DEMMEL (2) auf O. STREICH, der die Prüfung mit Säurefuchsin als vereinfachten Test auf Bakteriendichte angab. Doch räumte H.-J. DEMMEL ein: " Die Ergebnisse müssen als Orientierung für exakte biologische Prüfungen verstanden werden und nicht als deren Ersatz."

Der Versuch, die Einzelergebnisse der genannten Autoren auf eine gemeinsame Basis zu stellen, scheitert vorweg an der Individualität der Versuchsmethoden. Deshalb erscheint es schwierig, ein gewisses Versuchsmuster für die Aufnahme eigener Untersuchungen zu gewinnen. Einige Beispiele seien hierzu genannt. Im Bemühen um die Erhaltung der natürlichen bakteriellen Mundflora wurden Unterfüllungen, die im Mund an vitalen Zähnen gelegt worden waren, auf ihren bakteriellen Inhalt geprüft. Andere Autoren nahmen die gleichen Untersuchungen an pulpentoten Zähnen vor. Oft fehlten dabei Angaben über eine Berücksichtigung einer möglichen Randspaltdiffusion. Die auf dem Kavitätenboden nachgewiesenen Keime lassen deshalb nicht den Schluß zu, daß das Material selbst eine bakteriendurchlässige Struktur besitze. Weiterhin gehen die Meinungen über die Durchführung indirekter Versuche - außerhalb der Mundhöhle - auseinander, desgleichen über Form, Lagerung und Herstellung der Versuchskörper und die Art des Nachweises der in den Proben eingeschlossenen Keime. Zur Feststellung der Eindringtiefe der Bak-

terien in den Prüfkörper, wurde er entweder zersägt, mit dem Hammer zerschlagen oder in dünne Scheiben geschnitten auf Nährböden gesetzt oder in Nährbouillon gelegt. Die Fehlerquellen durch Verunreinigungen schienen derart gewesen zu sein, daß E. ROTH (20) 1921 die Wissenschaftlichkeit seiner eigenen Arbeiten und die der anderen Autoren in Frage stellte. Durch den technischen Fortschritt sind heute exaktere Methoden und einfachere Hilfsmittel zur Durchführung geeigneter Versuchsreihen vorhanden. So bestand bis vor Kurzem keine sichere Möglichkeit, zahnärztliche Füllungsmaterialien ohne Strukturveränderung zu sterilisieren. Unsterile Proben erschweren den Umgang mit angesetzten Bakterienstämmen und machen eine genaue Differenzierung zwischen Eigen- und Fremdkeimen erforderlich. Neben dieser Kritik an Methoden und Auswertungen tragen viele der vorangegangenen Arbeiten einen durch Unterschreiten der zur Sicherung der Aussage erforderlichen Fallzahl deskriptiven Charakter. Sie geben ausreichende Anregungen, die Frage der Bakteriendurchlässigkeit zahnärztlicher Zemente mit wissenschaftlichen Mitteln zu klären.

In neuerer Zeit hat R. NOLDEN (16) als erster die Diskussion um die Dichte zahnärztlicher Füllungsmaterialien wieder aufgenommen. Im Systemvergleich verschiedener Keime und Materialien stellte er in zwei Veröffentlichungsreihen - die erste zusammen mit G. PULVERER 1968 (17) - die Durchlässigkeit sämtlicher plastischer Füllungsmaterialien dar und folgerte aus der graduellen Penetrationshemmung bei den Polyacrylatzementen: "Vielleicht läßt sich noch am ehesten bei den Carboxylatzementen oder Polycarbonatzementen eine dichtere Struktur erzielen; nach unseren bisherigen Untersuchungsergebnissen könnte hier am ehesten dieses Ziel erreicht werden." Fünf Bakterienstämme vermochten nach seinen Untersuchungen bei jeweils neun Fällen 1 mm starke napf-

förmige Polyacrylatkörper nicht zu durchdringen. Doch der sechste Keim, ein *Pseudomonas aeruginosa*, penetrierte in vier von neun Fällen. Dieses auffällige Verhalten eines einzigen Keimes veranlaßte uns, die Bakteriendichte des neuartigen Polyacrylatzementes gegenüber einigen Testkeimen und besonders des *Pseudomonas* in eigenen Versuchen unter Abwandlung der Prüfbedingungen durch Alterung und variable Materialstärke mit größerer Fallzahl zu prüfen.

II A DURELON

Unsere Versuche wurden mit Durelon durchgeführt, einem Zement für Befestigungen und Unterfüllungen der Firma ESPE, Seefeld. Zur Verwendung kam Durelon in Universalkonsistenz, das sich besonders zum Legen von Unterfüllungen eignen soll. Zur Artbezeichnung dieses Zementes schließe ich mich dem Vorschlag H.-J. DEMMELS (3) an, das namensgebräuchliche Carboxylatzement analog dem Phosphatzement Polyacrylatzement zu nennen, da bei diesem lediglich die Phosphorsäure durch Polyacrylsäure ersetzt ist. Nach den Angaben von W. RIEDEL (19) besteht das Durelonpulver im Mittel zu 91 % aus Zinkoxid, zu 5 % Magnesiumoxid und zu 1,62 % aus Manganoxid. Durelon ' flüssig ' ist eine wässrige Lösung der Acrylsäure, die zu Polyacrylsäure polymerisiert.

Für Durelon gilt der gleiche Indikationsbereich wie für Zinkoxiphosphatzement. Eine Reihe günstiger Eigenschaften sichern diesem Material eine gute Beurteilung. Nach A. FESSELER und Mitarbeitern (5) läßt die geringe klinische und histologische Reaktion der vitalen Pulpa auf Durelonfüllungen den Schluß zu, daß dieses Material keineswegs pulpenschädlicher als Zinkoxiphosphatzement ist. Weiterhin wird auf eine gute Haftfähigkeit an in der Mundhöhle gebräuchlichen Metallen hingewiesen. Von einer ebenso guten Haftung berichtet D. C. SMITH (24), da freie Carboxylgruppen Kalziumionen der Zahnschmelzsubstanz chelatartig zu binden vermögen. Genaue Angaben über ein für unsere Arbeiten wichtiges Strukturverhalten, wie das der Porosität, sind der Literatur nicht zu entnehmen. Der Hersteller selbst verspricht Porenfreiheit, während W. T. KLÖTZER und Mitarbeiter (11) auf relativ große Porositäten der Polyacrylatzemente hinweisen: " Es scheint sich um geschlossene Blasen zu handeln, da eine Pene-

tration von Farbstofflösungen oder Silbernitrat nicht festzustellen war." In Übereinstimmung mit den Erfahrungen dieser Autoren stellten wir fest, daß Durelon trotz großer Sorgfalt beim Anmischen nicht blasenfrei herzustellen war. Die Blasen waren makroskopisch sichtbar und allseitig geschlossen. Sie durchsetzten das Innere des Materials ohne zu konfluieren. Diese Beobachtung bestätigte sich bei der Prüfung der mechanischen Dichte topfförmiger Prüfkörper gegen Flüssigkeiten.

II B DAS KARIESREZIDIV - DIE TESTKEIME

Bis heute ist ein bestimmter Erreger der Karies nicht nachgewiesen worden. Die kariesauslösende Rolle bestimmter Mundhöhlenbakterien, speziell der Acidobakterien, setzt den Ablauf verschiedener Wirkmechanismen voraus, der über die Demineralisation des Schmelzes nach geeigneter Nährbodenbereitung, in der Folge den bakteriellen Angriff erst ermöglicht. Nach Ansicht der meisten Autoren unterhält das Wechselspiel zwischen Mikroorganismen und Gärungsprozessen den Kariesprozeß und nicht die Ausschließlichkeit eines einzelnen Erregers. Hypothesen und eine Fülle von Tatsachen erschweren zwar den Überblick über die möglichen Entstehungsursachen eines primären kariösen Defektes, doch sind dem Zahnarzt nach Behandlung dieser Primärkaries Möglichkeiten in die Hand gegeben, die Entstehung einer sekundären oder rezidivierenden Karies zu hemmen oder gar zu verhindern. Um dieses Ziel unter den oft schwierigen Bedingungen einer Behandlung zu erreichen, sind hohe Ansprüche an die Qualität der Füllungsmaterialien zu stellen. Dieser Anforderung muß nicht allein das Deckfüllungsmaterial genügen, sondern auch das Unterfüllungsmaterial, da mangelhafter Randschluß oder schlechte Wandständigkeit und Bruch unter Kaubelastung die Penetration exogener Noxen in Richtung Kavitätenboden zulassen. Bakterien der Mundhöhle können aufgrund ihrer Größe und teilweise vorhandenen Eigenbeweglichkeit den Bruchspalt oder den kapillären Randspalt einer Deckfüllung mühelos passieren. Die Güte einer Unterfüllung könnte ihr weiteres Vordringen verhindern. Wie vorher erwähnt, läßt sich in Anbetracht der verhältnismäßig langen Liegedauer einer Füllung eine Hemmung der Bakterienpenetration durch Zusätze chemischer Art nicht erzielen. Das Materialverhalten wird durch solche Zusätze nachteilig verändert. Deshalb bleibt die mechanische Dichte der Füllungsmaterialien ein entscheidendes Kriterium für die Vitalerhaltung der Zähne.

Um die Bakteriendichte von Durelon im Laborversuch darstellen zu können, verwendeten wir vier Testkeime:

1. *Staphylokokkus aureus* - SG 511
2. α - haemolysierender Streptokokkus - Typ Aronson
3. *Escherichia Coli*
4. *Pseudomonas aeruginosa*

Alle vier Testkeime sind Aerobier und in der Mundhöhle nachweisbar. Ihre Größe liegt zwischen 0,5 und 1,0 μ . Der *Pseudomonas* ist der kleinste und zugleich beweglichste Keim. Ihm schreibt man seiner proteolytischen Fähigkeit wegen eine antagonistische Rolle gegenüber der acidophilen Kariesflora zu. Wegen seiner hohen Resistenz zählt er zu den Keimen des Hospitalismus.

Der *Staphylokokkus* ist der wichtigste Erreger des Spritzenabszesses mit Neigung zu septischer Ausbreitung.

Der Streptokokkus als zahlenmäßig häufigster Bewohner der Mundhöhle ist selten pathogen.

Das Colibakterium weist durch seine Anwesenheit auf fäkale Verunreinigung hin. Es ist ein Erreger pyogener Infektionen.

Die Testkeime sind gut charakterisiert. Ihre Identität ist leicht nachweisbar. Da ihr Anspruch an Nährmedien gering ist, genügen die gleichen Nährlösungen und festen Böden, um gute Wachstumsbedingungen zu schaffen und die Gleichheit der Versuchsbedingungen zu wahren.

II C DAS STERILISATIONSPROBLEM

Die für unsere Untersuchungen hergestellten Durelonproben sollten in keimfreiem Zustand den Versuchsbedingungen unterworfen werden. Die Darstellung der durch das Material hindurchgewanderten Keime wird daher nicht durch dem Material anhaftende und eingeschlossene Keime und Sporen erschwert. Bei einer Keimabtötung durch hohe Temperaturen und gespannten Wasserdampf sind unerwünschte Veränderungen der Werkstoffe, somit Veränderungen, die das Bakteriendurchlässigkeitsverhalten betreffen könnten, zu erwarten. Deshalb schloß sich eine Sterilisation der Prüfkörper im Autoklaven von vorn herein aus. Für unseren Zweck bot sich das Kaltsterilisationsverfahren nach H. KLEWE und Th. LAMMERS (10) an. Das unter dem Namen 'Sterivit' hergestellte Gerät arbeitet mit Äthylenoxid als bakterizidem Gas, dem 80 bis 85 % Kohlendioxid zur Verminderung der Explosibilität beigemischt ist. Bei einer Temperatur von 55° C und 5,5 atü Arbeitsdruck eignet sich dieses Gerät zur Sterilisation aller thermolabilen Stoffe. Nach H. MARX (14) geschieht dies ohne Beeinträchtigung von Form, Farbe und Materialstruktur. Die von E. SCHMIEDT (22), H. MARX, A. FESSELER (4), M. SCHMIDTMENDE und W. HESS (23) empfohlene Sterilisation unter Verwendung von verschweißten mindestens 75 μ starken Polyäthylenfolien vereinfachte die Versuchsvorbereitung und sicherte gleichzeitig eine zeitliche Unabhängigkeit von Versuchsbeginn und Sterilisationsvorgang. Diese Folien bieten nach W. FINSTERBUSCH (7) neun Monate lang sichere Keimfreiheit durch die Eigenschaft einer selektiven Permeabilität für Äthylenoxidgas. Die durch den Sterilisationsvorgang eventuell verbleibenden Spuren des bakteriziden Gases täuschen eine dem Material eigene Bakterizidie vor, die das Verhalten unserer Testkeime unter Materialkontakt verändern könnte. Deshalb wurde neben der im Sterivitautomaten selbsttätig ablaufenden Sterilluftspülung eine über mehrere Minuten dauernde Exsikkation durch Evakuierung des Gasvolumens bei 750 mm Unterdruck durchgeführt.

III A VERSUCHSANORDNUNG

Zur Wahrung der natürlichen Umgebung sollten Bakterien-durchlässigkeitsprüfungen an Unterfüllungen in der Mundhöhle an zur Extraktion bestimmten Zähnen vorgenommen werden. Die technische Durchführung dieser Versuche gestaltet sich jedoch sehr schwierig. Nicht allein eine beschränkte Fallzahl, sondern auch Forderungen an eine sterile Applikation des Füllungsmaterials und den exakten Nachweis der Bakterien und ihrer Herkunft, den Ausschluß von Randspaltdiffusion und die Einhaltung vergleichbarer Materialstärken lassen alle in vivo - Versuche problematisch erscheinen. Wir entschieden uns deshalb, die Bakteriendichte des Durelon in vitro zu prüfen, da exakte Ergebnisse bei bekannten Größen unter gleichen Versuchsbedingungen zu erwarten sind.

Zu den Versuchsvorbereitungen gehörten 18 Probeversuche. Ihre Ergebnisse legten den Umfang der Hauptversuche und den technischen Ablauf des Versuchsprogramms fest. Es wurden 80 Hauptversuche angesetzt; sie gliederten sich in zwei Abschnitte; dadurch war durch Alterung der einen Hälfte der Prüfkörper ein Vergleich der Ergebnisse mit frisch hergestellten möglich. Desgleichen stellten wir zwei Prüfkörpertypen her, die sich in der Materialwandstärke unterschieden. Wir konnten davon ausgehen, daß unsere Testkeime die schwächsten Stellen der Prüfkörperwände zuerst penetrierten. Deshalb ermittelten wir die dünnsten Materialwandstärken und ordneten die Körper einer Mindestwandstärkengruppe (I,II) zu. Prüfkörper, deren Meßwerte größere Abweichungen von den beiden Wandstärkengruppen aufwiesen, wurden nicht verwendet. Nach der Aufgliederung der 80 Hauptversuche in zwei Alterungsstufen und in zwei mal zwei Wandstärkengruppen standen endlich jedem der vier Bakterienstämme vier mal fünf Prüfkörper zur Verfügung.

Aufgliederung der Hauptversuche nach Bakterienart, Wandstärkengruppe und Alterungsstufe:

Staph	5	frisch 40	gesamt 80
Strept	5 Gruppe I		
Coli	5 20		
Pseudo	5		
Staph	5	alt 40	
Strept	5 Gruppe II		
Coli	5 20		
Pseudo	5		
Staph	5	alt 40	
Strept	5 Gruppe I		
Coli	5 20		
Pseudo	5		
Staph	5	alt 40	
Strept	5 Gruppe II		
Coli	5 20		
Pseudo	5		

Zur Erhärtung der Aussagen aus den Ergebnissen der Hauptversuche wurden 10 Nachversuche durchgeführt. Sie enthielten ausschließlich frische Prüfkörper der Wandstärkengruppe II und wurden nur einem Keim, dem *Pseudomonas aeruginosa*, ausgesetzt. Daneben fertigten wir 12 Durelonproben, um den Einfluß des Materials auf das Wachstumsverhalten der Testkeime zu beobachten.

III B VERSUCHSDURCHFÜHRUNG

Nach Herstellerangabe wurde Durelon in einer für Unterfüllungen angegebenen Konsistenz auf einer Thermoanrührplatte (15°C) angespatelt und in die konische Höhlung einer polierten Messingküvette eingebracht. Durch den Preßdruck des zentrierten Stempels am Küvettendeckel konnten töpfchenförmige Versuchskörper hergestellt werden; durch das Unterlegen von einer oder mehreren 1,2 mm starken Basisplatten zwischen Deckel und Küvette veränderte sich der Hub und damit auch der Abstand zwischen Kegelstumpf und innerer Küvettenwandung. Dadurch konnte die Wandstärke der Prüfkörper variiert werden (Abb. 1).

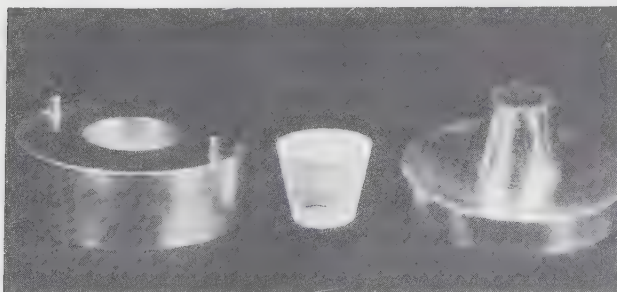


Abb. 1: Messingküvette zur Prüfkörperherstellung. Hier: Durelontopf, der durch eine Keimaufschwemmung angelöst wurde.

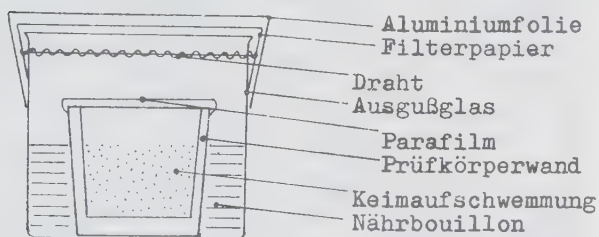
Das Verhältnis von Wand- zur Bodenstärke blieb mit 1 : 4 konstant. Mit einem Dickenschnelltaster wurde umlaufend die schwächste Wandstärke ermittelt. Schwankungen im Bereich von Zehntelmillimetern ergaben sich aus den unvermeidbaren Ungenauigkeiten manueller Herstellung. Die durchschnittliche Mindestwandstärke aller in den Hauptversuchen verwendeten Töpfchen betrug in der Gruppe I, $\bar{x} = 0,42750\text{ mm}$, die der Gruppe II, $\bar{x} = 1,01500\text{ mm}$. Die

Höhe der Töpfchen betrug etwa 25 mm, der Bodenquerschnitt 15 mm und der Öffnungsquerschnitt 25 mm. Sie faßten knapp 5 ml Flüssigkeit. Zur Durchführung des ersten Versuchsteils wurden 40 Durelontöpfchen sofort nach ihrer Kaltsterilisation als frische Versuchskörper auf ihre Bakteriendurchlässigkeit hin überprüft. Der gleiche Vorgang wiederholte sich im zweiten Versuchsabschnitt mit wiederum 40 Prüfkörpern beider Wandstärkengruppen, nachdem diese vier Wochen lang bei 37° C und 100 % relativer Feuchtigkeit im Brutschrank aufbewahrt und anschließend sterilisiert worden waren. Bei dieser identischen Verfahrensweise der beiden Versuchsreihen wurde auf absolute Keimfreiheit der Prüfkörper wie auch der Instrumente, Filterpapiere, Gläser, Ösen und Nährbouillon geachtet. Die vier ausgewählten Aerobier wurden zur gleichen Zeit und unter gleichen Bedingungen aus einer 24-stündigen Bakterienaufschwemmung mit je einer Öse auf 10 ml Bouillon überimpft und anschließend 15 Stunden bebrütet. Danach wurde die Reinheit der Testkeime bakteriologisch geprüft.

Zur gleichmäßigen Verteilung der Bakterienaufschwemmung wurden die Gläser nach der Bebrütung einige Minuten lang geschüttelt. Dann wurden 3 ml sterile Bouillon in die Töpfchen einpipettiert und mit einem der Keime inkubiert. Um die Möglichkeit einer Bakterienwanderung über den Rand der Töpfchen auszuschließen, spannten wir über die Töpföffnungen Parafilm, eine gewachste Spannfolie. In 50 ml große Ausgußgläser füllten wir 11 ml keimfreie Nährlösung ein und stellten die keimhaltigen Töpfchen in diese Flüssigkeit. Innerer und äußerer Flüssigkeitsspiegel standen dabei auf gleicher Höhe. Zum Schutz vor Verunreinigung durch Keime und Sporen der Luft waren die Ausgußgläser mit sterilem Filterpapier abgedeckt. Um die Gefahr einer Eintrocknung der Keimaufschwemmung und der Bouillon durch Feuchtigkeitsverlust über die Länge der

Versuchsdauer zu verringern, wurden die Ausgußgläser mit einer Aluminiumfolie abgedichtet (Abb. 2).

Abb. 2: Schema der Versuchsanordnung



Der Beobachtungszeitraum betrug pro Versuchsreihe zwölf Tage. Je 10 Ausgußgläser einer Keimgruppe, in einer Schale zusammengefaßt, wurden mehrmals täglich einer Sichtkontrolle unterworfen. Bei Trübung der Bouillon wurde mittels einer Öse etwas Lösung entnommen und auf einen festen Nährboden ausgestrichen. Der Keim wurde sowohl im Mikroskop als auch an Hand seines typischen Kolonienwachstums identifiziert.

Wie wir aus den Probeversuchen wußten, penetrierten alle Keime bei positivem Versuchsergebnis innerhalb der ersten drei Tage. Wir überprüften deshalb am dritten Tag den Keimgehalt aller Ausgußgläser. Dabei erwies sich, daß keine der optisch ungetrübten Lösungen durch Testkeime infiziert war. Bei Trübung wurde niemals eine Mischkultur, sondern der entsprechende Keim allein angetroffen. Nach 12-tägiger Bebrütung sind nochmals alle im Versuch verbliebenen Nährmedien auf ihre Sterilität überprüft worden.

Die positiven und negativen Penetrationsergebnisse wur-

den in Tagesabständen in einer Liste zusammengestellt. Im gleichen Sinne wurden die Versuche der zweiten Alterungsstufe durchgeführt und ausgewertet.

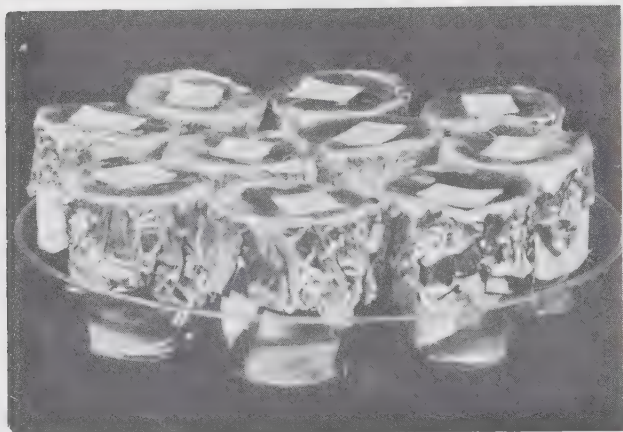


Abb. 3: Prüfkörper im Versuch

Im Anschluß an diese Versuchsreihen stellten wir 12 Durelonproben von Zweipfennigstückgröße her und legten je drei auf frische Agargußplatten mit dem Keiminhalt der vier Testkeime. Wir hatten durch die vermutete bakterio-
statische Wirkung frischer Proben eine Wachstumshemmung der Testkeime erwartet. So versuchten wir aus dieser Nebenversuchsreihe eine Erklärung zum Verhalten des Prüfmaterials im Hauptversuch zu gewinnen.

IV A ERGEBNISSE

Zur Klärung der Frage der Bakteriendurchlässigkeit des Unterfüllungs- und Befestigungsmaterials Durelon werden unsere Aussagen durch folgende Ergebnisse gestützt:

Hauptversuch; erster Teil; Tabelle 1.

		1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
Staphylokokkus aureus, SG 511	I	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
	II	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
Streptokokkus α -haemolys.	I	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
	II	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
Pseudomonas aeruginosa	I	+ + + + o	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
	II	+ o o o o	+ + o o o	+ + o o o	+ + o o o
Escherichia Coli	I	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
	II	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o

Hauptversuch; zweiter Teil; Tabelle 2.

		1. Tag	2. Tag	3. Tag	4. Tag
Staphylokokkus aureus, SG 511	I	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
	II	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
Streptokokkus haemolys.	I	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
	II	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
Pseudomonas aeruginosa	I	+ + + o o	+ + + + o	+ + + + o	+ + + + o
	II	+ + o o o	+ + + o o	+ + + o o	+ + + o o
Escherichia Coli	I	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o
	II	o o o o o	o o o o o	o o o o o	o o o o o

Zeichenerklärung: Penetration +
Keine Penetration o
Unverändertes Ergebnis bis zum 12. Tag.

Tab. 1: Darstellung des Penetrationserfolges der vier Testkeime bei frischen Prüfkörpern der Wandstärkengruppen I und II.

Tab. 2: Darstellung des Penetrationserfolges der vier Testkeime bei gealterten Prüfkörpern der Wandstärkengruppen I und II.

Nachversuche; Tabelle 3.

	1. Tag	2. Tag
Pseudomonas aeruginosa,	+ + + + 0 0 0 0 0 0	+ + + + + + 0 0 0 0
Gruppe II	3. Tag	4. Tag
	+ + + + + + 0 0 0 0	+ + + + + + 0 0 0 0

Unverändertes Ergebnis bis zum 12. Tag.

Tab. 3: Darstellung des Penetrationserfolges des Pseudomonas aeruginosa bei 10 Nachversuchen mit frischen Prüfkörpern der Wandstärkengruppe II.

Ergebnisse:

1. Durelon ist nicht durchlässig für Staphylokokken in 20 Fällen.
2. Durelon ist nicht durchlässig für Streptokokken in 20 Fällen.
3. Durelon ist nicht durchlässig für Colibakterien in 20 Fällen.
4. Durelon ist durchlässig für Pseudomonas in 20 von 30 Fällen.

Durelon ist somit nicht als bakteriendicht zu bezeichnen, wenn auch nur eine selektive Durchlässigkeit für eine bestimmte Bakterienart - in unserem Falle für den Pseudomonas - nachzuweisen war. Soweit stimmen unsere Ergebnisse trotz anders gewählter Versuchsanordnung mit den von R. NOLDEN (16) ermittelten überein. Darüber hinaus konnten wir weitere Feststellungen über das Bakterienverhalten bei gealterten Durelonkörpern verschiedener Wandstärke treffen:

1. Vier Wochen gealterte Durelonproben veränderten ihr Durchlässigkeitsverhalten gegen alle vier Testkeime nicht. In nahezu konstantem Verhältnis hatten unsere Bakterien frisches und gealtertes Prüfmaterial durchdrungen.

	Penetration			Relation	
	pos.	neg.		pos.:	neg.
Staphylokokken	0	10	frisch	0 :	10
	0	10	alt	0 :	10
Streptokokken	0	10	frisch	0 :	10
	0	10	alt	0 :	10
E. Coli	0	10	frisch	0 :	10
	0	10	alt	0 :	10
Pseudomonas	13	7	frisch	≈ 2 :	1
	7	3	alt	≈ 2 :	1

Tab. 4: Darstellung des Verhältnisses bakterieller Penetration bei frischen und gealterten Prüfkörpern ohne Berücksichtigung der Wandstärkengruppen.

Der Pseudomonas hat die Prüfkörper der Wandstärkengruppe I in 9 von 10 Fällen durchdrungen. Er penetrierte die zweite Wandstärkengruppe jedoch nur in 11 von 20 Fällen. Mit der Materialstärkenzunahme verringerte sich die Anzahl der positiven Fälle. Diese Tendenz läßt vermuten, daß eine wachsende Materialstärke dem Eindringungsvermögen des Pseudomonas progressiven Widerstand entgegenzusetzen wird. Bis zur bakteriellen Undurchdringbarkeit müßten wir uns Materialstärken vorstellen, die im Bereich nur selten zu realisierender Unterfüllungsstärken liegen.

Die Ergebnisse der Hemmhofbeobachtung entsprechen dem bereits in den Hauptversuchen beobachteten besonderen Verhalten des Pseudomonas. Das Kolonienwachstum folgender Keime wurde gehemmt:

Streptokokken	Hemmhof Ø	0,3 - 0,4 cm
Staphylokokken	Hemmhof Ø	0,1 - 0,2 cm
E. Coli	Hemmhof Ø	0,1 cm
Pseudomonas	keine Hemmung	

Durelon konnte das Wachstum des Pseudomonas nicht aufhalten, während alle anderen Keime in unterschiedlichem Maße bakteriostatisch in ihrem Wachstum gehemmt wurden.

Einen Hinweis auf die Aggressivität des *Pseudomonas* gegenüber Durelon gab die Beobachtung, daß dieser Keim im Verlauf einer Woche eine leichte Ablösung der Durelonstruktur bewirkt hatte, wie es in Abb. 1 Seite 16 dargestellt ist. Die Materialoberfläche hob sich blasig ab und zerfiel krümelig. Nach längerem Verbleiben der Durelonproben auf den mit *Pseudomonas* infizierten Agargußplatten wurden diese gar überwuchert und in ihrer sonst festen Struktur zerstört.

Die Streptokokken schienen in unserer Testreihe die empfindlichsten Keime zu sein. Ihr Wachstum wurde in größerem Maße gehemmt als das der Colibakterien und Staphylokokken. Gemessen wurden 2 bis 3-fach größere Hemmhöfe. In einer bakteriologischen Versuchsreihe prüfte W. FINSTER (6) einige zahnärztliche Füllungsmaterialien in ihrer bakteriostatischen Wirkung auf mehrere Keimgruppen. Hier unterbanden Materialien wie Tenet und Achatit jegliches Streptokokkenwachstum, während Staphylokokken und Colibakterien ungehemmtes Wachstum entfalteten. Verglichen mit dem Verhalten dieser Keime gegenüber Durelon, kann unserem Prüfmaterial eine ausgewogenere bakteriostatische Wirkung gegenüber diesen drei Keimen zugebilligt werden.

IV B STATISTISCHE METHODIK

Die Ergebnisse der Penetrationsversuche sind leicht überschaubar. Um die in den Versuchen gefundenen Unterschiede auch statistisch abzusichern, wurden einige einfache statistische Tests angewendet.

Zunächst wurde im Rahmen der Versuchsvorbereitungen geprüft, ob das Verfahren, das für die Herstellung der Prüfkörper des Hauptversuchs eingesetzt werden sollte, auch tatsächlich geeignet war, zwei signifikant voneinander unterschiedliche Wandstärken zu gewährleisten. Bezüglich des Vergleichs der dünnsten Stellen der Prüfkörperwände aus beiden Gruppen sollte eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha < 1\%$ erreicht werden, um den Gruppenunterschied als signifikant bewerten zu können.

Für die zunächst hergestellten Prüfkörper (je 6 in jeder Gruppe) konnte im t-Test für unverbundene Stichproben das vorgegebene Signifikanzniveau erreicht werden.

Die im Hauptversuch verwendeten Prüfkörper ergaben folgende Werte:

	Gruppe I	Gruppe II
Mittelwert der dünnsten Wandstärken	$\bar{x}_I = 0,43$	$\bar{x}_{II} = 1,02$
Fallzahl	$n_I = 40$	$n_{II} = 40$
Standardabweichung der Einzelwerte	$s_{xI} = 0,11$	$s_{xII} = 0,12$

Gruppe I gegen Gruppe II: $t = 22,86$

FG = 78 ; $\alpha < 1\%$;

Die im folgenden aufgeführten Vierfeldertafeln zur Beurteilung der Penetrationsversuche wurden an Hand der Geigy-Tabellen (6. Aufl.) für den exakten FISHER-Test auf Signifikanz überprüft (Irrtumswahrscheinlichkeit $\alpha < 5\%$).

Bei der Beurteilung des Hauptversuchs, der im ersten Teil mit frischen Prüfkörpern beider Wandstärkengruppen und im zweiten Teil mit vier Wochen gealterten beider Gruppen durchgeführt wurde, erwies sich, daß der bakterielle Penetrationserfolg in beiden Altersgruppen mit gleichen Zahlen aufwartet. Die Dichte des Prüfmaterials gegen bakterielle Keime blieb in beiden Altersstufen unverändert.

	Penetration	
	pos.	neg.
Frische Prüfkörper	7	3
Gealterte Prüfkörper	7	3
	14	6
		20

Tab. 5: Der Pseudomonaspenetrationserfolg bei frischen gegen gealterte Prüfkörper; beide Wandstärkengruppen zusammen bewertet.

	Penetration	
	pos.	neg.
Frische Prüfkörper	0	10
Gealterte Prüfkörper	0	10
	0	20
		20

Tab. 6: Der Staphylokokkenpenetrationserfolg bei frischen gegen gealterte Prüfkörper; beide Wandstärkengruppen zusammen bewertet.

Zur Bewertung der weiteren Ergebnisse kann, wie in den Tabellen 5 und 6 veranschaulicht, der Altersunterschied der Prüfkörper vernachlässigt werden und damit beide Teile des Hauptversuchs zusammen betrachtet werden. In keinem einzigen Fall konnte nachgewiesen werden, daß Staphylokokken, Streptokokken noch Colibakterien das Prüfmaterial durchwanderten. Ihr gleichlautendes negatives Penetrationsergebnis wird in den folgenden Tabellen repräsentativ für diese drei Keimgruppen als negative Keimgruppe erscheinen.

1. Durelon ist in beiden Wandstärkengruppen durchlässig für den *Pseudomonas aeruginosa*.

	Penetration	
	pos.	neg.
Negative Keimgruppe	0	20
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	14	6
	14	26

Tab. 7: Penetrationserfolg des *Pseudomonas* gegenüber der negativen Keimgruppe im Gesamtversuch; statistisch gesicherter Unterschied für $\alpha < 1\%$.

2. Durelon mit der Wandstärke der Gruppe I ist durchlässig für den *Pseudomonas aeruginosa*.

	Penetration	
	pos.	neg.
Negative Keimgruppe	0	10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	9	1
	9	11

Tab. 8: Penetrationserfolg des *Pseudomonas* gegenüber der negativen Keimgruppe in der Wandstärkengruppe I; statistisch gesicherter Unterschied für $\alpha < 1\%$.

3. Durelon mit der wandstärke der Gruppe II ist durchlässig für den *Pseudomonas aeruginosa*.

Zur Sicherung dieser Aussage war eine Erhöhung der Fallzahl erforderlich. Es wurden 10 Nachversuche der Wandstärkengruppe II mit frischen Prüfkörpern durchgeführt. Somit standen 20 Fälle dieser Prüfgruppe zur Verfügung.

	Penetration	
	pos.	neg.
Negative Keimgruppe	0	10
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11	9
	11	19

Tab. 9: Penetrationserfolg des Pseudomonas gegenüber der negativen Keimgruppe in der Wandstärkengruppe II; statistisch gesicherter Unterschied für $\alpha < 5\%$.

Eine Materialstärke von etwa einem Millimeter bietet erwiesenermaßen keinen Schutz vor dem Ein- und Durchdringen der Pseudomonasbakterien, während eine Penetration der drei übrigen Testkeime bei der von uns gewählten Materialstärke nicht erfolgt ist. Obwohl sich die beiden Wandstärkengruppen unter einer Pseudomonasinkubation trotz der Nachversuche nicht in signifikanter Weise unterscheiden, ist eine auffällige Tendenz erkennbar, mit zunehmender Materialdicke weniger Bakterien hindurchzulassen. Das Durchlässigkeitsverhalten von dünnen zu dicken Prüfkörpern verhielt sich wie 9 : 1,2.

Eine Auswertung der Penetrationsergebnisse über einen Zeitfaktor war wegen eines in allen Versuchen gleichmäßigen Penetrationserfolges nicht möglich. Selbst verschiedene Altersgruppen verhielten sich in ihrem zeitlichen Ablauf identisch. Innerhalb von 36 Stunden waren alle Ergebnisse gesichert, obwohl der Beobachtungszeitraum 12 Tage umfaßte.

V DISKUSSION DER ERGEBNISSE

Das auf Bakteriendurchlässigkeit geprüfte Unterfüllungsmaterial Durelon hat sich im Laborversuch nicht als bakteriendicht erwiesen. Die Ergebnisse der Penetrationsversuche lassen erkennen, daß der *Pseudomonas aeruginosa* eine Materialstärke von etwa einem Millimeter zu durchdringen vermag. Auf Mundhöhlenverhältnisse übertragen ist es denkbar, daß dieses Material die im Versuch bewiesene Dichte gegenüber anderen Keimen dann ändern könnte, wenn die schützende Funktion einer Deckfüllung unter chemisch-physikalischer Einwirkung fraglich wird, so daß das den gleichen Mundhöhlenangriffen ausgesetzte Unterfüllungsmaterial einen Nährboden für eine bakterielle Besiedlung vorbereiten könnte. Diese einmal angesiedelten Mischkulturen werden mit Unterstützung exogener Faktoren ein von Monokulturen abweichendes Penetrationsverhalten aufweisen. Folglich ist es nicht auszuschließen, daß Bakterien, die unser Material in vitro nicht zu durchdringen vermochten, dennoch auf dem Kavitätenboden im Mund befindlicher Zähne nachzuweisen wären. Nach unserer Erfahrung wies jedoch Durelon auch nach Alterung eine unveränderte Materialqualität auf. Die Penetrationsergebnisse beider Altersgruppen waren identisch. Der Qualität des Durelon unter Mundverhältnissen ein anderes als nachgewiesenes Verhalten bescheinigen zu wollen ist gedankliche Spekulation. Durch welche Ursachen auch immer eine bakterielle Invasion in Richtung Pulpa stattfindet, bei der Unnachahmlichkeit der zufällig hereinspielenden Faktoren konnte im Versuch nachgeprüft werden, ob Durelon die Bedingung der materialeigenen Bakteriendichte erfüllt.

Der *Pseudomonas* hat sowohl das Material durchdrungen als auch sein Kolonienwachstum in Anwesenheit des Durelon fortgesetzt. Da alle anderen Bakterien einer Wachstums-
hemmung unterlagen, lassen sich ihre negativen Penetrationsergebnisse dahingehend deuten, daß Durelon zwar auf-

grund vorhandener Porositäten den Durchtritt der Bakterien zuließe, eine materialeigene bakteriostatische Wirkung jedoch allein ihren Durchtritt verhinderte.

Es mag für Colibakterien, Streptokokken und Staphylokokken zutreffen, daß Durelon unter den Bedingungen unserer Versuchsanordnung bakteriostatisch wirksam werden konnte. Wie aber nach dem Ergebnis der Hemmhofbeobachtung zu erwarten war, konnte der *Pseudomonas* im Hauptversuch keinesfalls einer bakteriostatischen hemmung unterliegen. Er hatte das Prüfmaterial durchdrungen. Somit ist mit großer Sicherheit anzunehmen, daß Durelon eine Porengröße von mindestens $0,5 \mu$ - der Größe des *Pseudomonas* entsprechend - aufweisen muß. Auch unter Berücksichtigung der nach einer Woche beobachteten Anlösung des Materials unter *Pseudomonas*-angriff ist es unvorstellbar, daß dieser Keim bei nicht vorhandener Porosität innerhalb von wenigen Stunden unter Auflösung der Materialstruktur eine Wegstrecke von einem Millimeter durch eine für Flüssigkeiten dichte Materialwand zurücklegen kann.

Von einer vorhandenen Porosität des Materials ausgehend ist es denkbar, daß eine sich über den Zeitfaktor ver-ringernde Bakteriostase - besonders bei den vier Wochen alten Prüfkörpern - in flüssigen Medien, wie sie bei der Durchführung der Hauptversuche verwendet wurden, keinen entscheidenden Einfluß auf das Verhalten der Bakterien ausübt, sondern allein die auf der Kleinheit und Eigenbeweglichkeit des *Pseudomonas* beruhenden Durchwanderungsfähigkeit, die den anderen größeren Keimen durch ihre Im-mobilität versagt bleibt, über den Penetrationserfolg entscheidet. So bliebe allein die Porengröße des Durelon das entscheidende Kriterium einer Bakteriendichte.

Nimmt man an, daß sich die Porengröße des Durelon in einer Größenordnung der Eigengröße des *Pseudomonas* bewegt,

könnte das $1\text{ }\mu$ große Colibakterium nicht in das Material eindringen. Staphylokokken und Streptokokken hätten noch geringere Penetrationschancen, weil sie in flüssigen Nährmedien als Haufen und Ketten ausfallen. Die Größe dieser Aggregationen übersteigt ebenfalls die Porengröße des Durelon. Eine Durchgängigkeit dieser drei Keime würde allein am mechanischen Widerstand des Materials scheitern.

Diese Fragen nach den Ursachen eines unterschiedlichen Penetrationserfolges könnten besser diskutiert werden, wenn Angaben über gemessene Porositäten des Durelon vorliegen würden. Für die Praxis gilt jedoch, daß sich eine für den *Pseudomonas* undurchdringliche Materialstärke in einem Größenbereich bewegt, der mit einer Unterfüllung normalerweise nicht erreicht wird.

VI ZUSAMMENFASSUNG

Die zahnärztlichen Füllungsmaterialien sind einer natürlichen bakteriellen Mundflora ausgesetzt. Wenn eine Verminderung der Güte dieser Werkstoffe einen Kavitätenverschluß nicht sichern kann, gefährdet die ständige Präsenz bakterieller Keime die Vitalerhaltung exkavierter Zähne. Wir prüften nach, ob das Unterfüllungsmaterial Durelon bakteriendicht sei. Für die Versuchsreihen wurden vier Testkeime ausgewählt:

Escherichia Coli
Staphylokokkus aureus - SG 511
Streptokokkus α - haemolys. - Typ Aronson
Pseudomonas aeruginosa

Die Prüfkörper wurden in Form kleiner Töpfchen hergestellt, so daß sie eine Keimaufschwemmung aufnehmen konnten. Eine bakterielle Penetration durch das Prüfmaterial konnte durch eine die Prüfkörper umspülende Nährflüssigkeit nachgewiesen werden. Der Beobachtungszeitraum betrug zwölf Tage. Die Hauptversuche wurden durch frische und vier Wochen gealterte Prüfkörper und durch zwei verschiedene Wandstärkentypen variiert. Der erste Versuchsabschnitt umfaßte 40 frische Prüfkörper beider Wandstärkengruppen, der zweite ebenfalls 40 gealterte Prüfkörper beider Wandstärkengruppen. Insgesamt standen jedem Keim 20 Prüfkörper zur Verfügung. Im Nachversuch wurden 10 frische Durelontöpfchen der Wandstärkengruppe II dem *Pseudomonas*angriff ausgesetzt, so daß sich die Fallzahl auf 90 erhöhte.

1. Eine Durchlässigkeitsänderung durch Alterung des Prüfmaterials ist nicht feststellbar.
2. Durelon ist undurchlässig für Colibakterien, Streptokokken und Staphylokokken.
3. Durelon ist durchlässig für *Pseudomonas*.
 - a) *Pseudomonas* penetriert 0,4 mm starkes Material.
 - b) *Pseudomonas* penetriert 1,0 mm starkes Material.
 - c) Die Bakteriendurchlässigkeit des Durelon nimmt mit zunehmender Materialstärke ab.

Eine übliche Unterfüllungsstärke liegt im Bereich der nachgewiesenen Bakteriendurchlässigkeit.

Zur Erweiterung der Kenntnisse über das Verhalten der vier Testkeime gegenüber Durelon schlossen sich 12 Hemm-
hofbeobachtungen an. Erwartungsgemäß wurden die drei Kei-
me, deren Penetrationsergebnisse negativ waren, von Du-
relon im Wachstum gehemmt, während der *Pseudomonas* als
ständig in der Mundhöhle nachweisbarer Keim keiner bak-
teriostatischen Wachstumsheftung unterlag.

VII LITERATURANGABE

- 1 Cernyei, J. Experimentelle und bakterielle Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhlen. Zahnärztl. Rdsch. 38, 182, (1929).
- 2 Demmel, H.-J. Untersuchungen von Unterfüllungswerkstoffen. Dt. zahnärztl. Z. 26, 2, 238, (1971).
- 3 Demmel, H.-J. Über die Änderung des pH-Wertes bei Phosphat- und Polyacrylatzementen. Dt. zahnärztl. Z. 25, 2, (1970).
- 4 Fessler, A. Gassterilisation in der zahnärztlichen Praxis. Zahnärztl. Prax. 18, 19, 233-236, (1967).
- 5 Fessler, A.
u. Mitarbeiter Mechanische und histologische Untersuchungen über Durelon. Dt. zahnärztl. Z. 26, 2, 245, (1971).
- 6 Finster, W. Physikalische und histologische Untersuchungen an Kupferzementen. Inaug. Diss., Mainz 1962.
- 7 Finsterbusch, W. Erfahrungen mit der Kaltsterilisation durch gespanntes Äthylenoxyd bei einjähriger klinischer Anwendung. Wien. klin. Wschr. 76, 15, 255-259, (1964).
- 9 Ketterl, W. Silikat heute. Zahnärztl. Prax. 12, 14, 157, (1961).
- 10 Kliewe, H.
Lammers, Th. Das Mainzer Sterilisationsverfahren. Ärztl. Praxis 11, 1857, (1959).
- 11 Klötzer, W. T.
Tronstad, L.
Dowden, W. E.
Langeland, K. Polycarboxylatzemente im physikalischen und biologischen Test. Dt. zahnärztl. Z. 25, 9, 885, (1970).
- 12 Komrska, J.
Satava, V. Die Porosität der Phosphatzemente. Dt. zahnärztl. Z. 23, 7, 713, (1968).
- 13 Lemke-Kessler, V. Untersuchungen über die Durchlässigkeit der zahnärztlichen Zemente für Bakterien und Flüssigkeiten. Dtsch. zahnärztl. Wschr. 44, 10, (1941).

- 14 Marx, H. Über die Sterilisation von Kunststoffprothesen, die in einem Wundbett einzugliedern sind. Dt. zahnärztl. Z. 21, 3, (1966).
- 15 Meister, B. Experimentelle und bakteriologische Untersuchungen über Infektion und Reinfektion der in Behandlung stehenden Pulpahöhlen. Zahnärztl. Rdsch. 38, 1032, (1929).
- 16 Nolden, R. Über die Bakteriendichte neuerer plastischer Füllungsmaterialien. Zahnärztl. Welt 79, 4, 152-155, (1970).
- 17 Nolden, R.
Pulverer, G. Untersuchungen über die Dichte von Phosphatzementen, Silikatzementen und Autopolymerisaten gegenüber Bakterien. Dt. zahnärztl. Z. 23, 8, 806, (1968).
- 18 Proell, F. Experimentelle Untersuchungen über die Ursache des Pulpentodes unter Silikatzementen nebst theoretisch praktischen Studien über Zemente und andere Füllungsmaterialien. Dtsch. Mschr. Zahnheilkunde 31, 81, (1913).
- 19 Riedel W. Vergleichende Untersuchungen mit Durelon und Phosphatzement als Bindemittel zwischen Metall und Dentin. Inaug. Diss. Mainz 1970.
- 20 Roth, E. Experimenteller Beitrag zu den Zahnfüllungsstoffen. Dtsch. Mschr. Zahnheilkunde 39, 463, (1921).
- 21 Seitz, A.
Weigele, B. Experimentelle Beiträge zu den Zahnfüllungsmethoden. Dtsch. Mschr. Zahnheilkunde 38, 441, (1920).
- 22 Schmiedt, E. Hospitalismus in der Urologie. Verhandlungsbericht der dt. Ges. f. Urologie, 20. Tagung in Wien, Springer Verlag (1963).
- 23 Schmidt-Mende, M.
Heiss, W. Ein neues Kaltsterilisationsgerät. Der Chirurg 33, 1, 40-41, (1962).
- 24 Smith, D.C. Ein neuer zahnärztlicher Zement. Quintessenz 20, Referat 3788, 2, (1969).

- 25 Streich, O. Zur Kenntnisnahme der Durchlässigkeit einiger Füllzemente für Farbstoffe und Bakterien. Zahnärztl. Rsch. 46, 5, 203 und 6, 247, (1937).
- 26 Weikart, P. Werkstoffkunde für Zahnärzte. Carl Hanser Verlag, München, 3. Aufl., 251, (1959).
- 27 Berger, V. Einführung in die Mikrobiologie und Immunitätslehre. München-Berlin 1964.

Herrn Professor Dr. Dr. w. Ketterl möchte ich für die Überlassung des Themas und Herrn Dr. K. Pothmann für seine freundliche Unterstützung recht herzlich danken.

Weiterhin danke ich Herrn K. H. Schicketanz vom Institut für medizinische Statistik und Dokumentation und Fräulein M. Henscher aus der mikrobiologischen Abteilung der Klinik für ZMK.

LEBENS LAUF

Am 25. Dezember 1939 wurde ich als Sohn des Zahnarztes Werner Hellmann und seiner Ehefrau Anna, geb. Kosubek, in Neisse/Schlesien geboren.

Im Anschluß an die Grundschulzeit in Eisenach/Thüringen, Elpersheim/Württemberg, Oberlahnstein/Rhein und Gemünden/Hunsrück besuchte ich 1951 das Neusprachliche Gymnasium in Simmern/Hunsrück. Mit der Untersekundareife trat ich 1956 in das Neusprachliche Gymnasium in Koblenz ein und legte im März 1963 am Neusprachlichen Gymnasium in Mayen/Eifel das Abitur ab.

Anschließend studierte ich Zahnmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz. Im Februar 1968 bestand ich die zahnärztliche Vorprüfung und im Dezember 1970 das zahnmedizinische Staatsexamen. Danach leistete ich meinen Wehrdienst in einer Zahnstation der Bundeswehr ab.

